Universidad Nacional del Callao
Facultad de Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

TEMA : "Columnas de Absorción"

PROFESOR : Ing. Jack Zavaleta Ortiz

GRUPO HORARIO: 02 Q

INTEGRANTES :

- **MILIAN GUTIERREZ DEMIS 022741-D**
- **QUISPE CARTAGENA, KATHERINE 040784-C**
- **RAMIREZ REYES KARLA 044040-I**
- **RAMOS ZANABRIA MARIBEL 044038-D**

2007

INDICE

I. EVALUACIÓN DE COLUMNA 5

1. Parámetros hidrodinámicos 5

II. TIPOS DE COLUMNAS DE ABSORCION 5

1. Columna de absorción de gas de pared húmeda – CES 5
   - Posibilidades de demostración 6
   - Experimentos típicos 7
   - Descripción del Equipo 7
   - Especificaciones tipo Pliego 7
2. Columna de absorción de relleno 8
   - Distribución del relleno 8
   - Características de los rellenos de columnas de absorción 9
   - Materiales 9
   - Objetivo del diseño 9
   - Otros parámetros de diseño 9
   - Datos de diseño que son conocidos normalmente 9

III. EJEMPLOS DE COLUMNAS DE ABSORCION 11

1. Columna de absorción de Gas UOP 7 11
   - Posibilidades de demostración 11
   - Descripción del Equipo 11
   - Características Técnicas 12
   - Especificaciones tipo Pliego 12
2. Columna de Absorción Gas – Cód. 994600 13
   - Generalidades 13
   - Composición 13
   - Descripción 13
   - Experimentos realizables 14
3. Esquema de una columna moderna de rectificación 14

IV. APLICACIONES DE LA ABSORCION 14

1. Efluentes Gaseosos 15
   Absorción de gases en líquidos

V. UTILIDAD EN LA ACTUALIDAD DE LAS COLUMNAS DE ABSORCION 16

1. Compañía petrolera CHEVRONTEXACO- Refinería Batangas 17

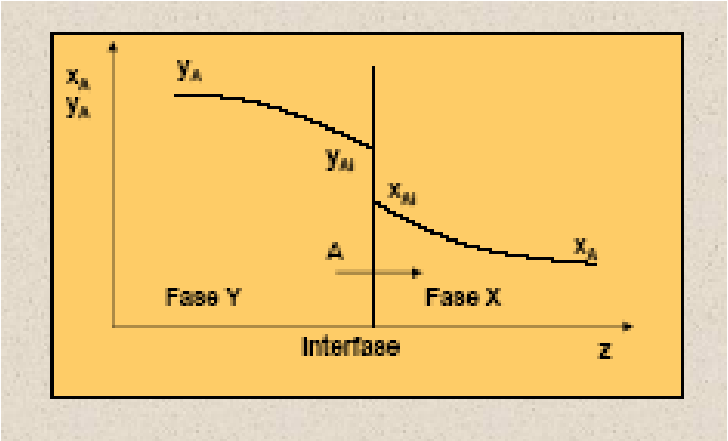
VI. REFERENCIAS 19

COLUMNAS DE ABSORCION

En este equipo se permite poner en contacto dos fluidos a contracorriente dentro de una columna de acrílico, rellena de anillos rashing, donde el componente de interés de la fase gaseosa se transfiere a la fase líquida.

En este, también se puede observar el proceso de absorción del gas y posee la capacidad para realizar prácticas de humidificación. Para los operadores y diseñadores de planta, es necesario conocer las características del flujo y de la transferencia de masa dentro de la columna.

Absorción de gases: operación de transferencia de materia cuyo objetivo es separar uno o más componentes (el soluto) de una fase gaseosa por medio de una fase líquida en la que los componentes a eliminar son solubles (los restantes componentes son insolubles). Se produce una transferencia de materia entre dos fases inmiscibles.



A veces un soluto se recupera de un líquido poniendo éste en contacto con un gas inerte. Tal operación, que es inversa de la absorción, recibe el nombre de desorciónde gases, desabsorción o stripping.

Ejemplo: eliminación de amoníaco a partir de una mezcla de amoníaco y aire por medio de agua líquida. Posteriormente se recupera el soluto del líquido por destilación u otra técnica y el líquido absorbente se puede desechar o reutilizar.

I.- EVALUACIÓN DE COLUMNA

La evaluación de una columna de absorción, como la de cualquier columna industrial, involucra la determinación de tres características fundamentales: capacidad, eficiencia y costo. La mayor capacidad se refiere a los flujos posibles en la columna, líquido, gaseoso o de ambos. La capacidad se mide con base al parámetro hidrodinámico de la columna. La eficiencia se mide cuando se logre transferir mayor cantidad de masa (permitida por el sistema) por altura empacada de la columna, o cuando la misma cantidad de masa se transfiere con menor altura empacada. La eficiencia de una columna se mide con base en los parámetros operacionales de transferencia de masa (altura equivalente por plato teórico). El costo de un proceso de separación (o de purificación) depende directamente de la relación entre la concentración inicial y la final de las sustancias a transferir. Los costos serán un reflejo de la capacidad y eficiencia de la columna de separación.

1. Parámetros hidrodinámicos

El análisis hidrodinámico se realiza explorando las diferentes zonas de operación (estable o precarga, turbulencia o carga e inundación), con el fin de evaluar la capacidad de la columna. La hidrodinámica de cada empaque se obtiene determinando la caída de presión ΔP que se presenta en la columna debido al paso del gas a través del lecho empacado, tanto en seco (flujo líquido cero) como cuando participa el flujo líquido. La retención líquida total h_t es la suma de los elementos estático y dinámico. La retención estática es la cantidad de líquido retenido por el empaque, a cero flujos gaseoso y líquido. La dinámica es la cantidad adicional de líquido retenido por el empaque cuando los flujos gaseoso y líquido se alimentan a la columna (Billet, 1995; Stichlmair et al., 1989).

II.- TIPOS DE COLUMNAS DE ABSORCION

1.-Columna de absorción de gas de pared húmeda - CES

Las columnas de pared húmeda pueden utilizarse para determinar coeficientes de transferencia de masa gas/líquido, esencial a la hora de calcular el diseño de las torres de absorción. Dichos coeficientes forman la base de las correlaciones usadas para desarrollar torres de relleno. El CES examina la absorción en agua desoxigenada (preparada por aspersión de nitrógeno) de oxígeno del aire. Éste es un ejemplo de absorción controlada por película líquida. Puede determinarse el coeficiente de transferencia de masa de película líquida para diversos caudales másicos de agua.

- **Posibilidades de demostración**

  1. Cálculo de coeficientes de transferencia de masa de película líquida
  2. Variación de coeficiente con el caudal másico
  3. Variación del caudal de oxígeno para determinar la relación de ley de potencia

- **Experimentos típicos**

  El sistema elegido para el experimento es la absorción de oxígeno en agua libre de oxígeno. En este sistema, la solubilidad y la entalpía de solución son pequeñas, y al saturar el aire de entrada con agua, se eliminan los efectos de humidificación. De esta forma, es posible mantener condiciones razonablemente isotérmicas en toda la columna.
  El procedimiento experimental permite calcular una relación de ley de potencia y la comparación de ésta con las relaciones publicadas, tales como:
  para diversos caudales de oxígeno (en forma de aire) es posible determinar una ley de potencia y compararla con los valores publicados.

Para trazar el gráfico, los estudiantes deben calcular coeficientes de diferencia de concentración media logarítmica, de flujo másico y de transferencia de masa. También puede realizarse un análisis de errores completo.

- **Descripción del Equipo**

Los componentes del sistema están montados en un bastidor de suelo de acero pintado.
La columna de pared mojada es una columna de vidrio con secciones de entrada y salida de agua, y está montada sobre cardanes con el fin de asegurar su verticalidad.
La columna de desoxigenación tiene un tamaño global similar al de la columna de pared mojada, y está situada en posición vertical junto a aquélla. Al lado de las columnas hay una consola de control con caudalímetros, controles de bomba y analizador de oxígeno. Entre las columnas hay dos alojamientos especiales, que contienen las sondas de análisis de oxígeno que monitorizan el contenido de oxígeno en el agua que entra y sale de la columna de absorción. El aparato utiliza como medio de trabajo agua, contenida en un tanque de almacenamiento en la parte de atrás de la unidad. Las bombas que suministran agua al desoxigenador y la columna de absorción están situadas en la base de la unidad.
Durante la operación, el agua es aspersada con nitrógeno en el desoxigenador antes de entrar por la parte superior de la columna de pared mojada. Una bomba de aire integral tipo diafragma bombea aire en la base de la columna. El aire asciende por la columna, entregando el oxígeno al agua.
El oxígeno disuelto en la entrada y la salida puede medirse en rápida sucesión. El agua se drena al tanque de almacenamiento para su reciclaje al desoxigenador.

- **Especificaciones tipo Pliego**

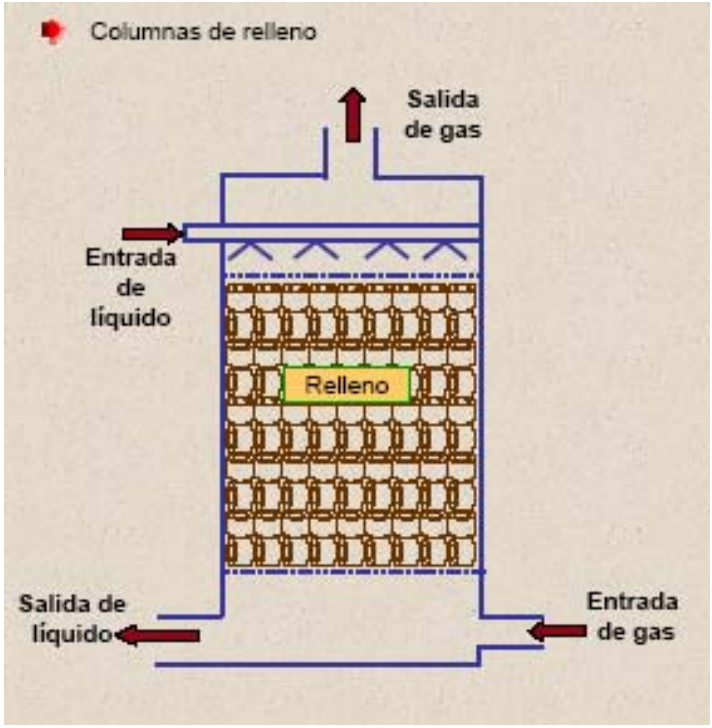
La unidad se utiliza para experimentos de coeficientes de transferencia de masa de película líquida y variaciones del coeficiente con el caudal másico. En segundo lugar, el estudio de la absorción de oxígeno del aire en agua desoxigenada. El aparato consta de una columna de pared mojada de vidrio y otra, independiente, de desoxigenación, de material acrílico. El equipo incluye un tanque de almacenamiento de agua, bombas de alimentación (2), analizador de oxígeno y bomba de aire.

2.-Columna de absorción de relleno

La columna de absorción de relleno está construida está rellenada de anillos Raschig de 10mm x 10mm, también de vidrio, que son representativos del tipo de relleno usado para la absorción de gas. El líquido usado en el proceso se almacena en un tanque de alimentación rectangular de y se utiliza una bomba centrífuga para suministrar el líquido a la cabeza de la columna, desde donde desciende por el relleno y vuelve al tanque. Un medidor de flujo de área variable instalado en la línea de recirculación da una lectura directa del caudal.

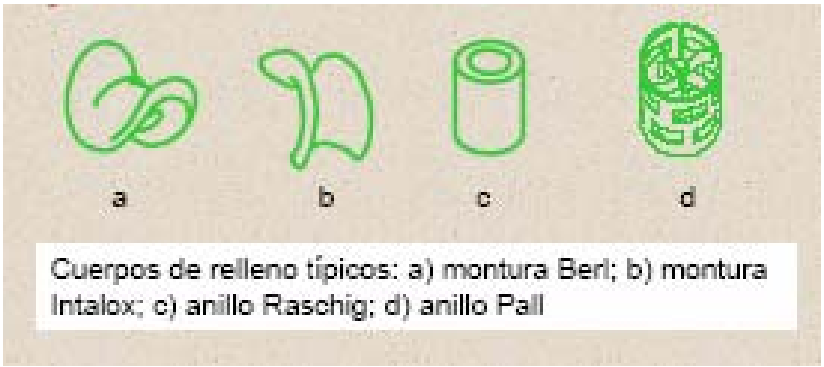
El gas a absorber es extraído de un cilindro presurizado (no suministrado), colocado junto a la columna. Este gas pasa a través de un medidor de flujo de área variable calibrado, y se mezcla con un flujo de aire, también de caudal conocido, que proviene de un compresor giratorio situado en el bastidor. La relación de gas a aire de la mezcla que entra en la columna es por tanto conocida y es fácilmente variable. La mezcla de gas entra por el fondo de la columna, asciende a través del lecho denso y se contrae en contracorriente con el líquido que desciende por la columna.

Unos puntos de muestreo de presión en la base, el centro y la cabeza de la columna permiten registrar la caída de presión en la columna usando manómetros. Estos puntos de muestreo también ofrecen un medio para extraer muestras de gas de la columna.



- **Distribución del relleno**

  1.Al azar: tamaño < 3 pulgadas (2,54 cm) (< 1" se usan en laboratorio)
  2.Ordenados: entre 2 y 8 pulgadas



Cuerpos de relleno típicos: a) montura Berl; b) montura Intalox; c) anillo Raschig; d) anillo Pall

- **Características de los rellenos de columnas de absorción**

1. Químicamente inerte frente a los fluidos de la torre.
2. Resistente mecánicamente sin tener un peso excesivo.
3. Tener pasos adecuados para ambas corrientes sin excesiva retención de líquido o caída de presión.
4. Proporcionar un buen contacto entre el líquido y el gas.
5. Coste razonable

- **Materiales**

  Baratos, inertes y ligeros: Arcilla, porcelana, plásticos, acero, aluminio
  Unidades de relleno huecas, que garantizan la porosidad del lecho y el paso de los fluidos

- **Objetivo del diseño**

  Conseguir el máximo de transferencia de componentes con el mínimo consumo de energía y de tamaño de columna, es decir, con el mínimo coste.

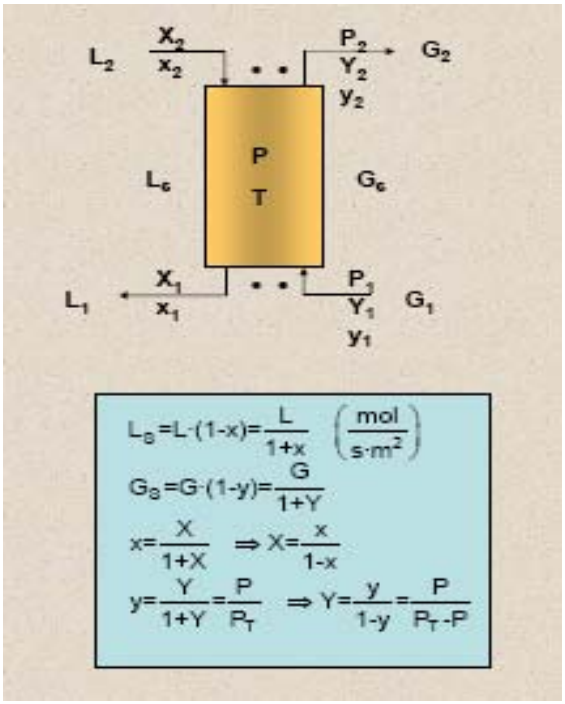
  Diseñar una columna de absorción ➔ Calcular la altura de relleno necesaria para lograr la separación deseada

- **Otros parámetros de diseño**

  El diámetro de la columna
  Los caudales de las dos fases
  El tipo de relleno.

- **Datos de diseño que son conocidos normalmente:**

  Condiciones de operación de la columna: P y T
  Composición de las corrientes de entrada
  Composición del gas a la salida (fin perseguido)
  Circulación en contracorriente

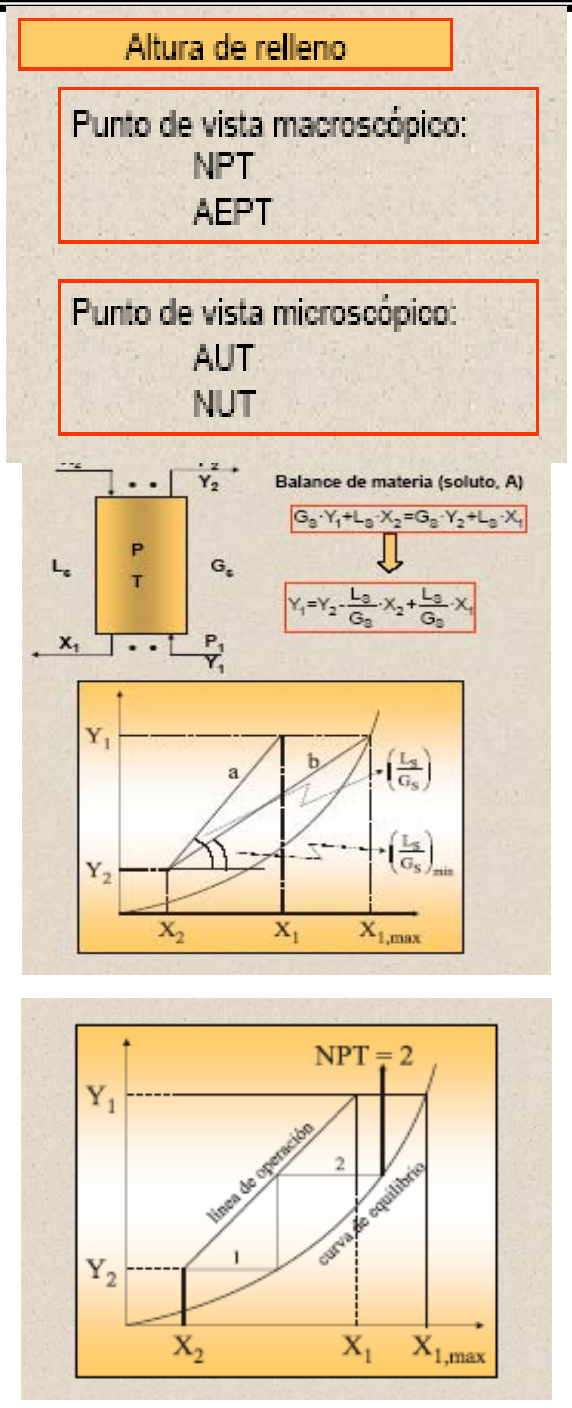


$$L_S = L\cdot(1-x) = \frac{L}{1+x} \quad \left(\frac{mol}{s\cdot m^2}\right)$$

$$G_S = G\cdot(1-y) = \frac{G}{1+Y}$$

$$x = \frac{X}{1+X} \Rightarrow X = \frac{x}{1-x}$$

$$y = \frac{Y}{1+Y} = \frac{P}{P_T} \Rightarrow Y = \frac{y}{1-y} = \frac{P}{P_T - P}$$



III.- EJEMPLOS DE COLUMNAS DE ABSORCIÓN

1.- Columna de absorción de gas UOP7

La Columna de absorción de gas de Armfield ha sido diseñada para demostrar los principios de la absorción de gas y para proporcionar formación práctica en la operación de plantas de absorción de gas.

- **Posibilidades de demostración**

  Estudio de los principios básicos de absorción de un gas en un líquido usando una columna de relleno

Demostración de métodos de análisis cuantitativo de gas y líquido
Producción de balances de masa para una columna de absorción de relleno
Determinación del coeficiente de transferencia de masa
Estudio de las características hidrodinámicas de una columna de relleno
Determinación de puntos de carga y de inundación

- **Descripción del Equipo**

La columna de absorción de relleno está construida de dos secciones de vidrio de borosilicato de 75mm de diámetro unidas por los extremos e instaladas verticalmente en un bastidor de suelo de acero dulce. La columna está rellenada de anillos Raschig de 10mm x 10mm, también de vidrio, que son representativos del tipo de relleno usado para la absorción de gas. El líquido usado en el proceso se almacena en un tanque de alimentación rectangular de 50,0 litros y se utiliza una bomba centrífuga para suministrar el líquido a la cabeza de la columna, desde donde desciende por el relleno y vuelve al tanque. Un medidor de flujo de área variable instalado en la línea de recirculación da una lectura directa del caudal.
El gas a absorber es normalmente dióxido de carbono, y sería extraído de un cilindro presurizado (no suministrado), colocado junto a la columna. Este gas pasa a través de un medidor de flujo de área variable calibrado, y se mezcla con un flujo de aire, también de caudal conocido, que proviene de un compresor giratorio situado en el bastidor. La relación de gas a aire de la mezcla que entra en la columna es por tanto conocida y es fácilmente variable. La mezcla de gas entra por el fondo de la columna, asciende a través del lecho denso y se contrae en contracorriente con el líquido que desciende por la columna.

Unos puntos de muestreo de presión en la base, el centro y la cabeza de la columna permiten registrar la caída de presión en la columna usando manómetros. Estos puntos de muestreo también ofrecen un medio para extraer muestras de gas de la columna. El contenido en dióxido de carbono de las muestras de gas se determina usando un aparato de Hempl. Los caudalímetros, los manómetros y el equipo de análisis de gas van montados en un panel trasero vertical a una altura cómoda para la operación.

- **Características Técnicas**

Capacidad del tanque de alimentación: 50,0 litros
Diámetro de la columna: 0,075m
Volumen del relleno: 7,0 litros
Altura de la columna de absorción: 1,4m
Tipo de relleno: Anillos Raschig 10x10mm
Capacidad del compresor de aire: 0,15m3/min a 0,3bar

Capacidad de la bomba de alimentación de la columna:

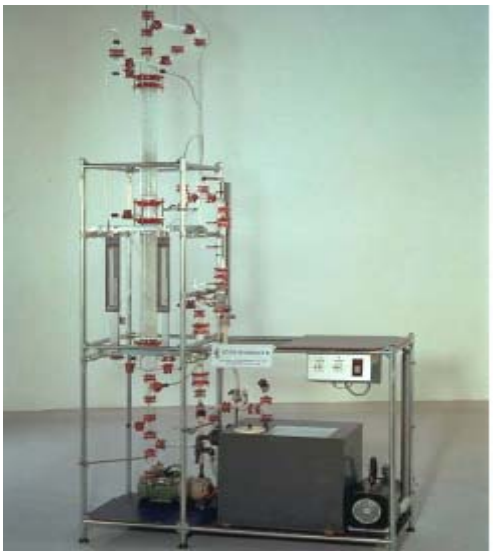
Intervalo del medidor del flujo de aire: 20 -180 l/min.
Intervalo del medidor del flujo de gas: 1,0 -22,0 l/min.
Intervalo del medidor del flujo de agua: 1,0-10,0 l/min

- **Especificaciones tipo Pliego**

Columna de relleno de absorción de gas en unidad de suelo, con una columna de vidrio de 75mm de diámetro y 1,4m de longitud. La columna contiene 7 litros de anillos Raschig de vidrio de 10 x 10mm y va montada en un bastidor de acero.
La cabeza, el centro y la base de la columna están provistos de tomas para sensores de presión y para muestreo de gas.
Se incluyen dos manómetros para medir la presión.
Se incluye un aparato de análisis de gas del tipo Hempl.
Se incluyen tres caudalímetros de área variable para medir el caudal de gas, aire y líquido.
Un compresor giratorio es utilizado para bombear aire a la columna.

Una bomba centrífuga circula el agua (disolvente) desde un tanque de alimentación de 50 litros de capacidad.
Se suministra un completo manual de instrucciones que detalla los procedimientos necesarios de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.
El manual de instrucciones también incluye protocolos detallados para experimentos, para el estudio de:
Los principios de la absorción de gas en un líquido usando una columna de relleno.
Métodos de análisis cuantitativo de gas y líquido.
Balance de masas en una columna de absorción de relleno.
Determinación del coeficiente de transferencia de masa.
Características hidrodinámicas de una columna de relleno.
Determinación de puntos de carga y de inundación.

2.- Columna de Absorción Gas - Cód. 994600



- **Generalidades**

Uno de los procesos fundamentales en la química industrial es la absorción que consiste en disolver gases en un líquido.
Esta operación permite tanto separar uno o más componentes de una mezcla gaseosa como producir un líquido con la adición de un gas en la cantidad deseada.
La unidad IC131D permite estudiar estos fenómenos mediante una columna de absorción de llenado que actúa en contracorriente.

- **Composición**

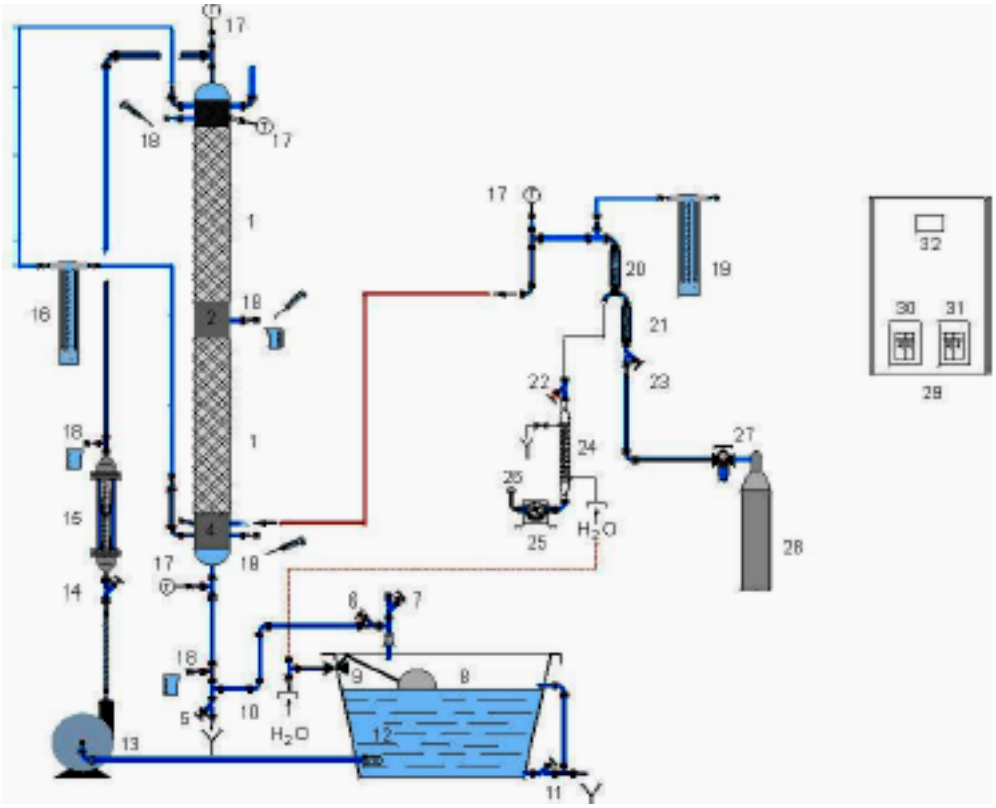
a) columna de vidrio borosilicato diámetro interno 80 mm, longitud 1600 mm., llenada con anillos RASCHIG Ø 8 mm
b) flujometro agua (caudal max. 800 lt/h)
c) flujometro aire (caudal max. 5000 Nlt/h)
d) flujometro gas (caudal max. 2000 Nlt/h)
e) tanque de capacidad: 50 litros
f) n. 2 manómetros en U
g) n. 4 puntos de extracción de muestras para análisis
h) n. 4 termopares conectados al display digital
i) n. 3 puntos de medida de presión
j) bomba de alimentación
k) compresor volumetrico
l) soporte en material anticorrosión

- **Descripción**

La unidad IC131D está constituida fundamentalmente por una columna de llenado con anillos Raschig cargados a “granel”.
El agua entra por la extremidad superior de la columna empujada por una electrobomba centrífuga que aspira desde un tanque de almacenaje.
La línea del gas está conectada a la parte inferior de la columna y puede ser alimentada por un compresor de aire, por una bombona de gas o bien por una mezcla gas/aire. Sobre las líneas líquido y gas están insertados tres flujómetros para poder medir el caudal del fluido, mientras que en la columna están predispuestas tomas de presión, termopares y tomas de muestras que permiten tener bajo control la evolución del proceso.
Sobre la estructura metálica que soporta el conjunto de aparatos está fijado el módulo de mando que prevé también un indicador digital de temperatura conectado a los termopares de la columna.

- **Experimentos realizables**

  a) Balance de masa para sistemas de absorción
  b) Pérdidas de carga en la columna
  c) Eficiencia de la columna
  d) Coeficiente de transferencia de masa gas-líquido

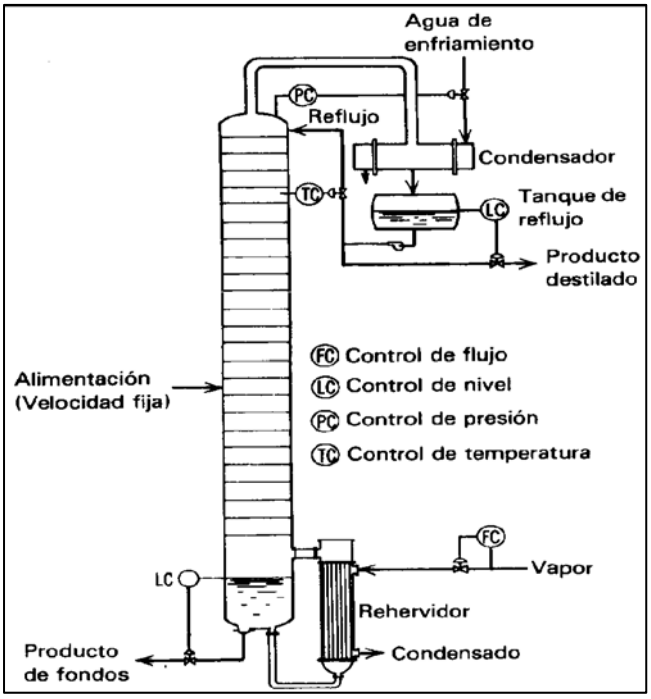


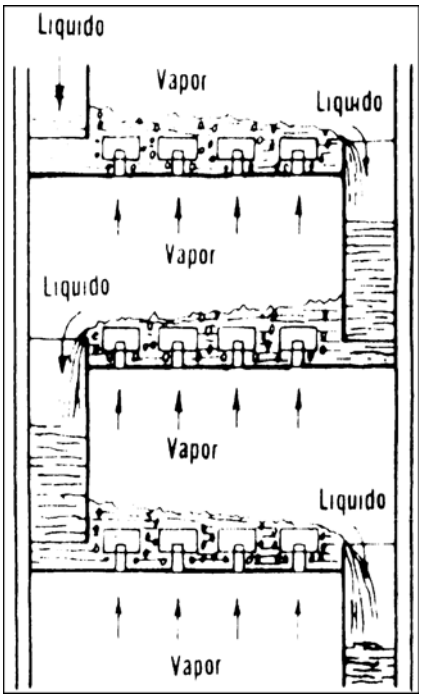
Leyenda diseño
1. Troncos de columna de llenado
2. Pequeño tronco intermedio
3. Cabecera superior de la columna, entrada agua
4. Cabecera inferior de la columna, entrada gas y descarga
5. Válvula para lavado/descarga de la columna
6. Válvula para la regulación del eflujo del líquido de la columna
7. Válvula de seguridad
8. Tanque de alimentación y recogida del líquido
9. Válvula de flotador

10. Conexión de la alimentación de agua
11. Válvula para la descarga del tanque
12. Filtro
13. Bomba centrífuga de circulación
14. Válvula para la regulación del caudal del líquido
15. Medidor de flotador del caudal del líquido
16. Manómetro a U a mercurio
17. Termoresistencia
18. Puntos de extracción de muestras
19. Manómetro a U a mercurio
20. Medidor de flotador del caudal de aire
21. Medidor de flotador del caudal de gas
22. Válvula de regulación del caudal de aire
23. Válvula de regulación del caudal de la componente de gas
24. Intercambiador de calor agua/aire
25. Compresor volumétrico
26. Filtro de aire
27. Regulador de presión (*)
28. Bombona de gas (**)
29. Módulo de mando
30. Interruptor bomba
31. Interruptor compresor
32. Lector digital temperaturas

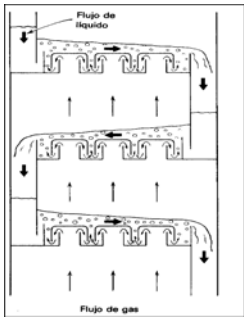
(*) No se suministra por el hecho de ser parte integrante de la bombona y del tipo de gas contenido en la misma.
(**) No se suministra por las normas vigentes sobre el transporte del gas envasado.

3.- Esquema de una columna moderna de rectificación.





Platos con campanas de burbujeo con flujo cruzado
para el contacto entre dos fases. El gas fluye en el sentido que indican las flechas delgadas. El líquido fluye como lo indican las flechas gruesas. Las campanas de burbujeo dispersan el gas en el líquido.



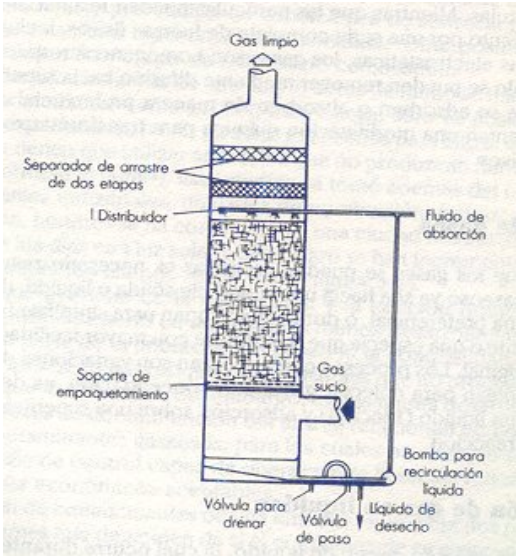
IV.- APLICACIONES DE LA ABSORCIÓN

- Recuperar productos de corrientes gaseosas con fines de producción
- Método de control de emisiones de contaminantes a la atmósfera, reteniendo las sustancias contaminantes (compuestos de azufre, clorados y fluorados), es decir en efluentes gaseosos
- La recuperación de gases ácidos como H2S, mercaptanos y CO2 con disoluciones de aminas
- Producción industrial de disoluciones ácidas o básicas en agua (ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico o hidróxido amónico)
- Eliminación de SO2 de gases de combustión con disoluciones acuosas de hidróxido de sodio
- La eliminación de óxidos de nitrógeno con disoluciones de agentes oxidantes

1.- Efluentes Gaseosos

Absorción de gases en líquidos

La absorción de gas en un líquido, la cual ocurre durante el proceso de limpieza por frotamiento, es una operación de unidad de ingeniería química estándar, desarrollada desde el punto de vista técnico y relativamente bien comprendida. Cuando se trabaja con concentraciones comparativamente elevadas de un gas contaminante (del orden del 1% o más), es práctica frecuente utilizar un sistema de flujo a contracorriente en una unidad tal como una torre de absorción empaquetada, como se muestra en la figura. Esto tiene la ventaja de que la concentración más baja del contaminante en el gas, se encuentra en contacto con el líquido más débil, el cual es el líquido absorbente en el que hay menor concentración del gas contaminante (o quizá líquido absorbente puro si no ha circulado dentro de un sistema cerrado). El líquido más concentrado que se separa de la columna de absorción entra en contacto con la concentración más elevada del contaminante. Entonces el líquido absorbente que se utiliza se puede retirar como desecho o se puede tratar de tal manera que sea posible reciclarlo. En muchos casos el contaminante, cuando se remueve (enjuga) del líquido absorbente, se puede utilizar como material básico para procesamiento ulterior. Así, una operación común en las refinerías de petróleo es la absorción del ácido sulfhídrico en una solución alcalina, su subsiguiente enjugue mediante el uso de vapor y luego su conversión en azufre. Este azufre es el material no elaborado que se usa en la producción de fertilizante (superfosfato).



Los contaminantes del aire que se encuentran presentes a concentraciones muy bajas se limpian con frecuencia por fricción en un sistema de corriente coordinada, donde el gas sigue la misma dirección que el líquido limpiador.

El tamaño del depurador de gases y su efectividad relativa son una función de una cantidad de parámetros: la superficie de exposición del líquido absorbente, la temperatura, el tiempo disponible y la fuerza de conducción que lleva a las moléculas del gas contaminante hacia la superficie del líquido y afecta su absorción. Esto depende de la naturaleza química y la interacción del gas contaminante con el líquido. Si el gas se absorbe con facilidad, por ejemplo amoníaco en agua, se tiene una gran fuerza de conducción y el sistema requerido puede ser relativamente más pequeño que si se trata de un sistema de absorción difícil, tal como dióxido de azufre en agua. La opción normal para la limpieza de SO2 por frotamiento no sería agua sino una solución alcalina, tal como amoníaco, en el cual el SO2 es muy soluble. La fuerza de conducción también es una función de la concentración del gas contaminante en la corriente de gas y en la superficie líquida, y se reduce conforme el líquido se aproxima a la saturación con el gas.

La superficie de exposición a través de la cual un gas se absorbe es una función del tamaño de la gota del líquido (en un depurador de gases de tipo rocío) o de las dimensiones y tipo de empaquetamiento (en una torre empaquetada), así como también de la cantidad de líquido por unidad de volumen de gas que se utiliza y de las dimensiones físicas del sistema. El cálculo del tamaño de una torre de absorción para efectuar un grado de purificación de gas específico es un cálculo de ingeniería mecánica estándar. Sin embargo, se debería destacar que el logro obtenido es una función compleja del diseño y del control de operación y que el diseño final es una función de la experiencia así como también de la teoría.

En general, los contaminantes gaseosos presentes a concentraciones moderadas, menos de cerca del 0,1% en volumen, se manejan con efectividad mediante depuradores líquidos de gases siempre y cuando se encuentre disponible un líquido absorbente adecuado. Los líquidos limpiadores para depuradores de gases incluyen agua para amoníaco y ácido clorhídrico en forma de gas, ácido sulfúrico para amoníaco, soluciones de metil y etilamina para ácido sulfhídrico, soluciones de sulfito de sodio y pastas aguadas de caliza para ácido sulfúrico y muchos otros. Los gases colectados, en algunos de los ejemplos ya mencionados, con frecuencia se enjugan de la fase líquida con vapor o mediante calentamiento directo, además de que se tratan, ahora como un producto más concentrado, mediante un proceso secundario. La remoción de ácido sulfhídrico a partir de gas natural y productos de refinería de petróleo y su subsiguiente reducción a azufre, es un ejemplo del uso de limpieza por frotamiento para concentración del contaminante antes de su conversión en una forma más útil o eliminable con mayor facilidad.

V.- UTILIDAD EN LA ACTUALIDAD DE LAS COLUMNAS DE ABSORCIÓN

COMPAÑIA PETROLERA CHEVRONTEXACO
REFINERIA BATANGAS
Descripción General de la Planta 04 –Unidad de Craqueo Catalítico de Fluido y Planta de Recuperación de Gas

La Unidad de Craqueo Catalítico de Fluido (FCCU), y la Planta de Recuperación de Gas asociado (GRP) fueron construidas en 1954 como parte de la instalación inicial de la refinería. Emplea tecnología ESSO Modelo IV con una configuración lado-a-lado de Reactor y Regenerador. Numerosas mejoras y modificaciones fueron desarrolladas en estas unidades a través de su vida operacional, elevando la capacidad nominal actual de 12,000 BPSD de gasóleo al vacío.

En 1973 se añadió un calentador calórico de residuos de Monóxido de Carbono (CO) para mejorar la eficiencia de energía de la unidad. Los sistemas del Reactor fueron modificados significativamente en 1993 y actualmente utiliza ciclones de una sola etapa. Un dispositivo adicional del catalizador automático fue instalado en 2001 para intensificar el rendimiento general de las mejoras. En una restauración de 1994 se agregaron a la GRP un nuevo estabilizador y una unidad de tratamiento Minalk. Otros equipos han sido modificados, mejorados o remplazados a través de los años y la unidad luce estar en una buena condición mecánica.

El gasóleo al vacío bruto (VGO) es llevado como alimento caliente directamente desde la unidad al Vacío o como alimento frío desde el depósito. El VGO es presurizado dentro de la unidad por las bombas de carga y es precalentado en el tren intercambiador de calor del alimento contra la Bomba Recirculante Superior (TPA), gasóleo craqueado liviano (LCGO), Reflujo de la Columna Media (MCR) y las corrientes lechosas que circulan por los fondos del Fraccionador Principal. El alimento precalentado es luego vertido dentro de la base del elevador vía las boquillas de inyección del alimento. La temperatura del alimento que entra al elevador es controlada por by-passes del intercambiador, lo cual impacta el caudal de circulación del catalizador, necesario para sostener las reacciones de craqueo y mantener el balance de calor en la unidad.

El alimento del VGO calentado entra a la base del elevador de contacto breve a través de las boquillas alimentadoras. Las boquillas de alimentación de diseño patentado utilizan vapor adicional para asegurar buena dispersión del petróleo dentro del catalizador regenerado caliente que circula fluyendo desde el regenerador catalizador. En el elevador las moléculas de petróleo pesado son vaporizadas y craqueadas en contacto con el catalizador a medida que la mezcla fluye rápidamente hacia arriba dentro del reactor. El calor de las reacciones de craqueo es endotérmico haciendo que la mezcla se enfríe. A medida que las reacciones de craqueo progresan algo de coque es vertido en los poros del catalizador, causando que el catalizador se desactive. En el reactor los productos del hidrocarburo vaporizados y del catalizador salen del dispositivo de terminación del elevador, lo cual ayuda a la separación de las partículas del catalizador de los vapores. Los vapores salen del tope del reactor vía un sistema de ciclones de etapa simple y una línea de transferencia dentro de la base, zona de sofocamiento de la columna del fraccionador principal. Los ciclones aseguran una pérdida mínima de las más pequeñas partículas de catalizador de los sistemas de catalizador circulantes. El catalizador desactivado separado(gastado) fluye corriente abajo en el reactor hacia la zona de despojamiento. Vapor inyectado dentro de la sección del despojador remueve cualquier hidrocarburo retenido y mantiene las partículas del catalizador en un estado de fluidez.

El balance de presión del Reactor y Regenerador es controlado por la presión de operación del Fraccionador Principal y la válvula de deslizamiento de gas del Regenerador. Las válvulas deslizantes del catalizador están localizadas en la línea del catalizador Gastado desde la base del despojador del Reactor hasta el Regenerador, y también en la línea del catalizador Regenerado que fluye a la base del elevador. Estas válvulas deslizantes se usan para controlar las tasas de circulación del catalizador, la severidad del craqueado y para mantener a la unidad en balance calórico.

En el Regenerador el catalizador Gastado es expuesto al aire para quemar el carbón que ha sido generado durante las reacciones de craqueo. El calor de combustión de este coque recalienta el catalizador y así provee de energía para el proceso craqueado endotérmico.
El catalizador regenerado fluye dentro del tubo levantado del Catalizador donde es recirculado a la base del elevador bajo control de presión vía la válvula deslizante del catalizador Regenerado. Las inyecciones de aire dentro del Regenerador mantienen la fluidez del catalizador. El Regenerador es una unidad de combustión incompleta y el gas de chimenea que contiene un poco de carbón sale del recipiente vía sistema ciclónico de 2 etapas hacia el caldero CO de calor de desecho. Así como en el Reactor los ciclones aseguran pérdidas mínimas de partículas de catalizador del inventario de circulación. En el hervidor CO el gas de chimenea se quema suplementariamente con el gas combustible para generar vapor de 600 psig y asegurar una alta eficiencia termal de la unidad. El compresor Demag movido por grandes vapores abastece el aire de combustión al generador.

Pasado un tiempo, dependiendo de las cualidades del stock de carga y la severidad de las operaciones de craqueo, el catalizador se llega a desactivar permanentemente. Una cantidad pequeña de catalizador fresco de alta actividad, se agrega en forma continua para sostener la actividad circulante del catalizador y contrarrestar cualquier pérdida de pequeñas partículas de catalizador, las cuales se forman debido al desgaste durante el proceso de circulación.

En la columna fraccionadora principal de 18 platos, las reacciones de los hidrocarburos separan en sus componentes según los rangos de ebullición de sus constituyentes. La columna fraccionadora tiene un número de bombas circulantes o sistemas de reflujo para sofocar, enfriar y condensar los vapores sobrecalentados procedentes del reactor. El calor tomado de las corrientes de las las bombas circulantes es utilizado para proveer precalentamiento al alimento, rehervir las columnas de fraccionamiento GRP y generar vapor.

Las principales topes del fraccionador son parcialmente condensados en ventiladores de aire de paletas entran al acumulador de tope. Los gases livianos del acumulador alimentan el Compresor de Gas Húmedo (WGC) en el GRP, la Nafta Liviana Craqueada alimenta al GRP y también la provee al reflujo de tope del fraccionador. Las Naftas Craqueadas Pesadas se extraen de la bandeja-15, una porción de esta corriente se enfría contra el alimento de entrada de la unidad VGO para la recirculación como un TPA a la bandeja-18, el balance tomado como producto y alimentado al estabilizador de gasolina en el GRP.

El gasóleo liviano craqueado (LCGO), o a veces llamado petróleo de ciclo liviano, es retirado del plato 10 dentro del despojador lateral de vapor. Luego del despojado el LCGO es enfriado contra el alimento en el tren de precalentamiento, luego el agua es enfriada y dirigida como producto bajante o dentro de la unidad de desulfurización. Una corriente retrógrada de LCGO circula a través del GRP como petróleo esponja para maximizar la recuperación de los productos de rango de ebullición del LPG.

Una columna media de reflujo (MCR) es retirada del plato 5 y es utilizada para rehervir la columna estabilizadora de gasolina. El MCR es luego enfriado contra el alimento del tren de precalentamiento y devuelto como reflujo al plato 9 del fraccionador.

Los fondos de la columna del fraccionador, referidas como lechada, circulan a través del tren de intercambiadores de alimento precalentado y de los generadores de vapor para proveer a las columnas de flujos refrescantes. Una corriente retrógrada de este petróleo residual pesado no convertido es removido como producto por medio de la caja de enfriadores y enviado al tanque o a la mezcla de petróleo combustible

El GRP recibe los gases de tope livianos, los productos nafta liviana y pesada provienen del fraccionador. El GRP es un sistema convencional que emplea un WGC de 2 etapas, una columna Deetanizadora , absorbente de petróleo esponja y un estabilizador de gasolina.

Los gases livianos de tope del receptor de tope del fraccionador entran a la primera etapa de los compresores de gas húmedo, y luego son contactados y enfriados con las Naftas Craqueadas Livianas. Los líquidos resultantes son separados y bombeados hacia el sistema de alimentación del Deetanizador. Los gases livianos no condensados son comprimidos más adelante en la 2ª

etapa de los compresores de gas húmedo, mezclados con líquidos descargados de la primera etapa y luego enfriados antes de ingresar al tambor en la ola de carga del Deetanizador. La unidad emplea cuatro máquinas WGC impulsadas por motores a gas operando en paralelo para este servicio.

Los líquidos del Tambor Destello del Detanizador son bombeados dentro de la columna, mientras los gases ingresan también a la columna Deetanizadora o son recicladas a la entrada del WGC para controlar la presión. En la columna del Deetanizador los gases livianos son removidos por el tope. La columna es rehervida con vapor a 150-psig y utiliza una corriente retrógrada de gasolina estabilizada y enfriada como reflujo. Los gases livianos de tope del Deetanizador entran en la columna Absorbedor de Esponja, mientras los fondos fluyen a través del alimento del Estabilizador hacia los intercambiadores efluentes de fondo.

En la columna de Absorción de esponja del Petróleo, los gases livianos contactan la corriente retrógrada circulante de LCGO para maximizar la recuperación de los componentes de rangos de ebullición del LPG. Los gases livianos que salen del absorbedor de esponja del petróleo son enviados al sistema de depuración de gas combustibles para ser tratados más adelante. La columna estabilizadora de gasolina llena al tope con materiales de rango de ebullición del LPG para producir un componente de mezclas de gasolina de fondos con el requisito de especificación RVP, el cual es luego enviado a la sección tratadora Minalk de la unidad. La corriente MCR circulante rehierve la columna estabilizadora. Los topes de las columnas son condensados dentro del receptor de tope para proporcionar un reflujo a la columna y productos de tope. Este producto de tope contiene componentes LPG no saturados y constituye el alimento para la unidad de Polimerización corriente abajo.
El producto de gasolina estabilizada proveniente de los fondos del estabilizador ingresa a la sección Minalk para el tratado de los mercaptanos residuales. La gasolina es mezclada con cáustico y aire antes de entrar al reactor Minalk. Hay dos reactores que fluyen hacia abajo para proveer la capacidad para los catalizadores cambiantes. La cáustica utilizada es retirada de los fondos del reactor vía una vasija de recolección de control interfase. Los gases ácidos de tope de los reactores son ventilados y purgados al sistema de mechero incandescente. La gasolina tratada luego fluye a través del colonizador cáustico para la remoción de cualquier cantidad de cáustico gastado. Las gasolinas tratadas son enviadas para su mezcla y su almacenamiento.
Para facilitar los altos niveles de producción de la Nafta, una corriente retrógrada del producto HCCN del fraccionador principal es desviada de la columna estabilizadora y dirigida vía una torre HCN de Prelavado cáustico a la línea de alimentación del reactor Minalk. Los cáusticos gastados en el reactor Minalk, sistemas de Prelavado y asentamiento son enviados al tratamiento de agua de desperdicio para su desecho.

REFERENCIAS

- Columna de absorción de gas UOP7

  www.tecnoedu.com/Armfield/UOP7.php

- Evaluación de columna

  www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642004000100003&script=sci_arttext

  www.crodecelaya.edu.mx/ColumnaAbsorcion.html

- Aplicaciones en el Perú

  http://www.hytech.com.ar/petroquimica.htm

- Columnas de relleno

  http://www4.ujaen.es/~ecastro/psia%20tema4%20para%20publicar.pdf